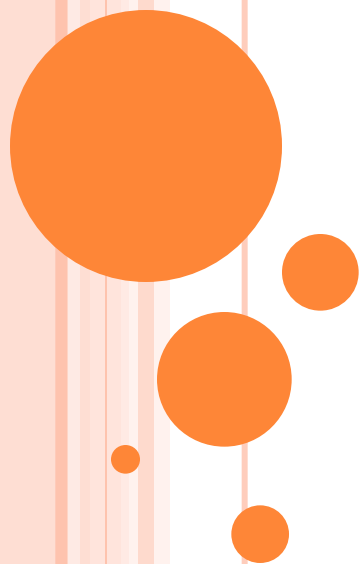


RYCHLOST SVĚTLA

PROSEMINÁŘ Z OPTIKY



JE RYCHLOST SVĚTLA NEKONEČNÁ?

- Galileo podporuje Aristotelovu (a Descartovu) pozici,
 - *Každodenní zkušenost ukazuje, že rychlost světla je nekonečná, protože když uvidíme výstřel z děla na velkou vzdálenost, záblesk dosáhne našeho oka ihned, zatímco zvuk uslyšíme později*
- Galileo v práci *Two New Sciences*, publikované v Leyden v roce 1638, navrhl, že tento předpoklad může být vědecky ověřen pokusem za využití dvou pozorovatelů vzdálených několik mil, luceren, dalekohledů a clon



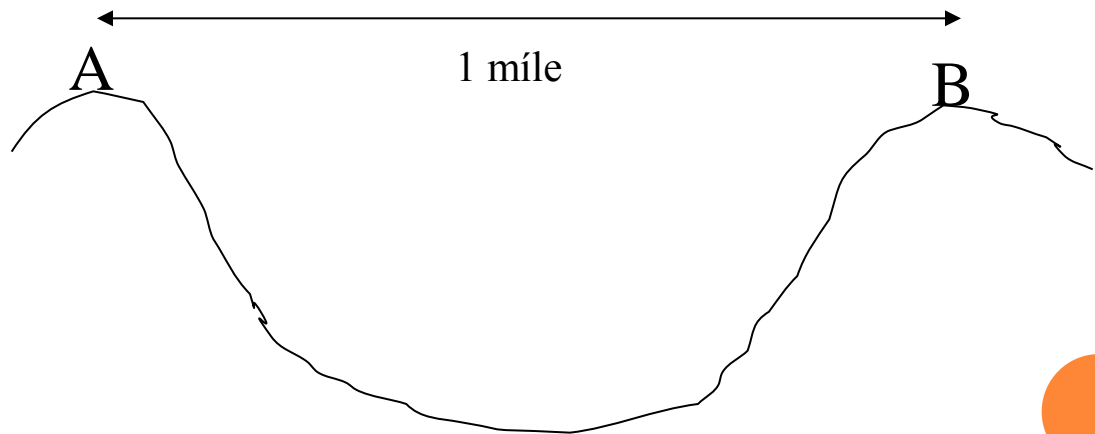
1667 EXPERIMENT S LUCERNAMI



- Na návrh Galilea provedla The Accademia del Cimento pokus s cílem zjistit rychlost světla.
 - Dva pozorovatelé A a B se zakrytými lucernami stáli na kopcích vzdálených asi 1 míli
 - Nejprve A odkryje lucernu, jakmile B uvidí světlo z lucerny, odkryje druhou lampu
 - Změří se čas mezi odkrytím první lampy a okamžikem kdy A uvidí světlo z druhé lampy.
- $c = (2D)/t.$

■ Reakce člověka je asi 0.2s, tj. příliš pomalá k určení c .

■ Prokázalo se že světlo se šíří nejméně 10xrychleji než zvuk.



1676: PRVNÍ DŮKAZ KONEČNÉ RYCHLOSTI SVĚTLA

Roemer's Observation



- Olaf Roemer pozoroval variace v době zatmění Jupiterova měsíce Io.

- Když se země vzdalovala od Jupitera trvalo zatmění t déle než když se Jupiterovi přibližovala.

Použil rovnici: $c = (d_1 - d_2)/(t_1 - t_2)$

- t_2 = doba zatmění když se Země přibližuje Jupiterovi

- t_1 = doba zatmění když se Země vzdaluje Jupiterovi

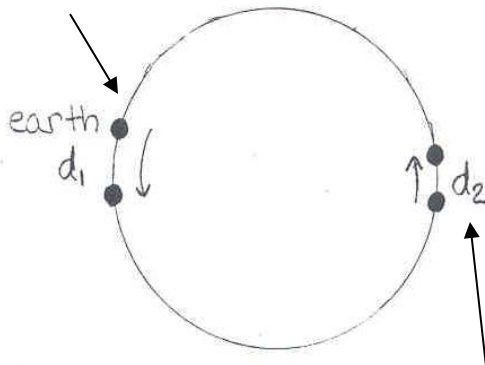
- d_2 = vzdálenost kterou Země uběhne za t_2 .

- d_1 = vzdálenost kterou Země uběhne za t_1

- Roemer určil $c = 2.1 \times 10^8 \text{ m/s}$.

- Chyba způsobena nepřesnou znalostí orbity země

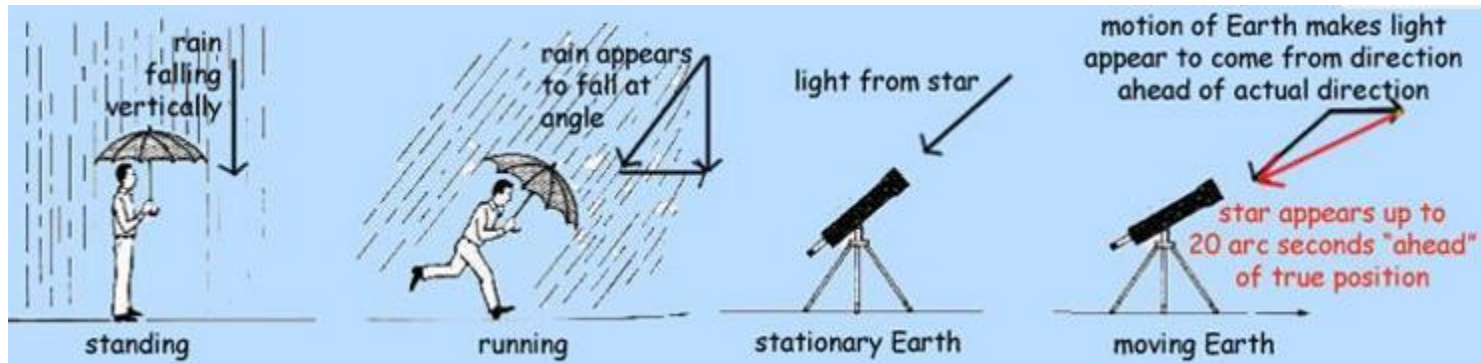
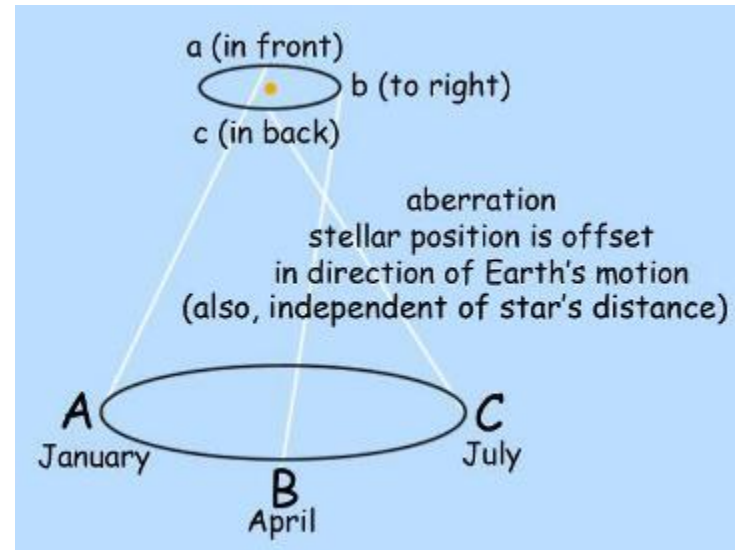
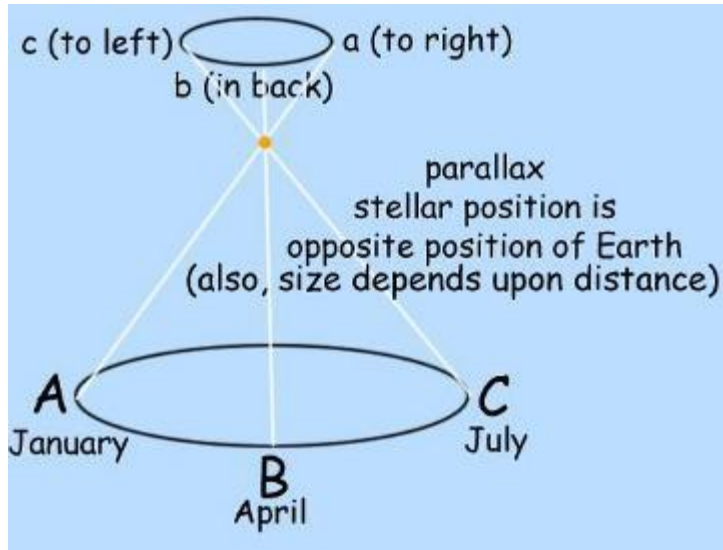
Eclipse lasts longer than it should



Eclipse is shorter than it should be.

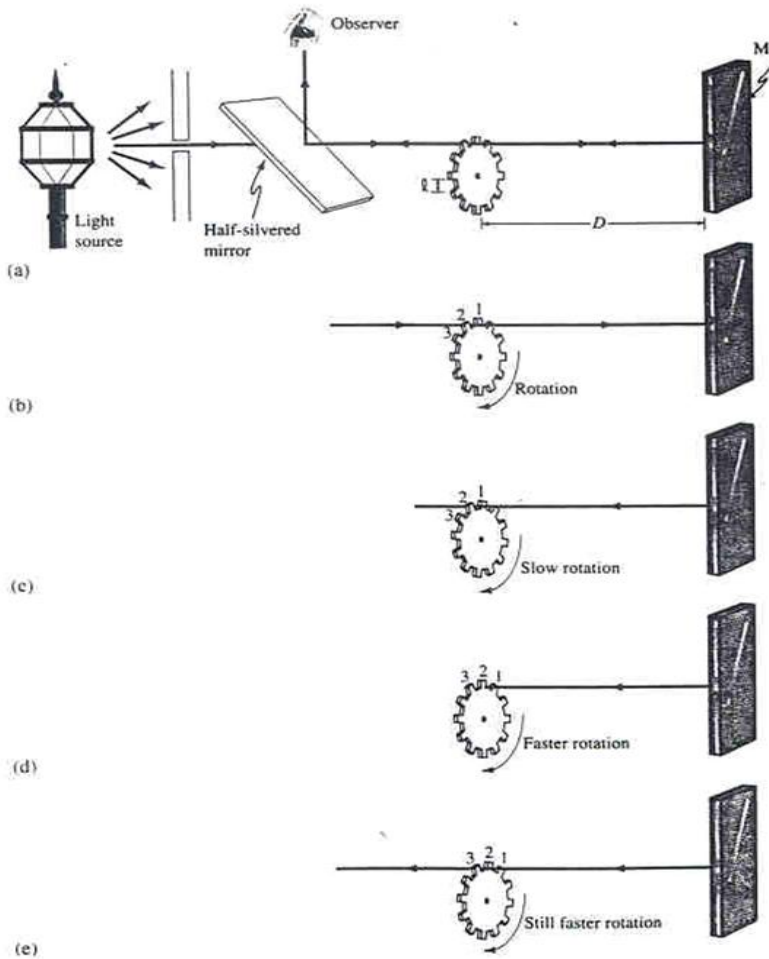


1728 BRADLEY A HVĚZDNÁ ABERACE



FIZEAŮV EXPERIMENT S OZUBENÝM KOLEM

1849



○ Hlavní rysy experimentu:

- štěrбина vytvoří úzký svazek světla
- světlo prochází mezerami ozubeného kola
- odráží se na zrcadle
- v závislosti na rychlosti otáčení kola se svazek odrazí od zubu a nedojde k pozorovateli nebo projde další mezerou

○ c lze spočítat jako:

$$c = (2D * v)/d$$

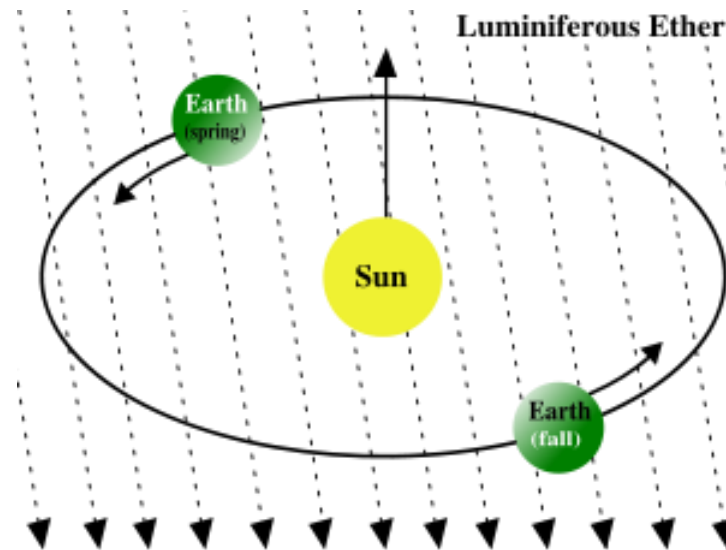
- D = vzdálenost zrcadla a kolečka
- v = rychlost kolečka
- d = vzdálenost mezi zuby

○ Fizeau určil $c = 3.15 \times 10^8$ m/s.

Fizeau's Cogwheel



TEORIE SVĚTELNÉHO ÉTERU (I)



Předpokládalo se, že světlo se šíří prostředím (éterem), které prostupuje všemi tělesy. Vzájemné rychlosti éteru a Země se měly skládat. Očekávala se závislost řady fyzikálních jevů na vzájemné poloze Země a éterového větru během oběhu Země kolem Slunce.



TEORIE SVĚTELNÉHO ÉTERU (II)

- 1810 L Arago ověřoval teorii éteru měřením indexu lomu $n = c/v$. Při vzájemné změně polohy Země a éterového větru by se c mělo v důsledku skládání rychlostí s éterem měnit a tím se měl měnit během roku index lomu. Nic takového ale nepozoroval

1818 L Fresnel vyslovil teorii, že hranol na kterém se n měří éter částečně strhává sebou



TEORIE SVĚTELNÉHO ÉTERU (III)

FRESNELOVA HYPOTÉZA ČÁSTEČNÉHO STRHÁVÁNÍ

$$v_n = \frac{c}{n} \quad \text{rychlost světla v látce bez strhávání éteru}$$

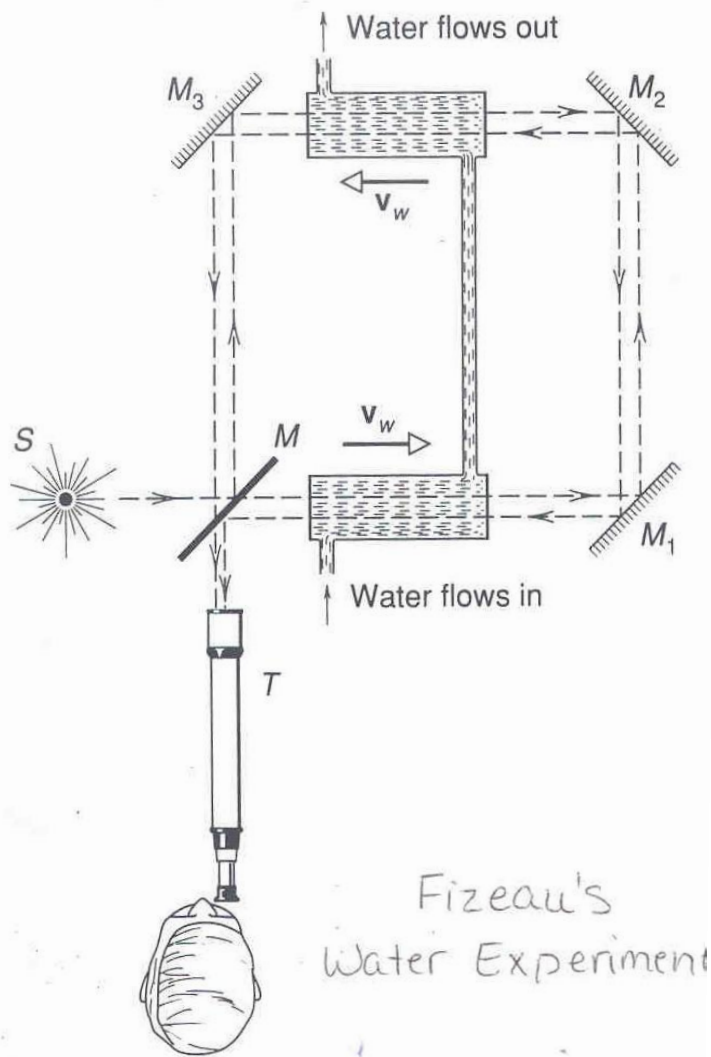
$$v_d = v \left(1 - \frac{\rho_e}{\rho_g}\right) \quad \text{oprava na strhávání, } \rho_e \text{ je hustota éteru v prostředí, } \rho_g \text{ je hustota éteru ve skle}$$

$$\left(1 - \frac{\rho_e}{\rho_g}\right) = \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) \quad \text{Fresnelův strhávací koeficient}$$

$$V = \frac{c}{n} + v \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) \quad \text{celková rychlost světla v látce}$$



FIZEAŮV VODNÍ EXPERIMENT 1851

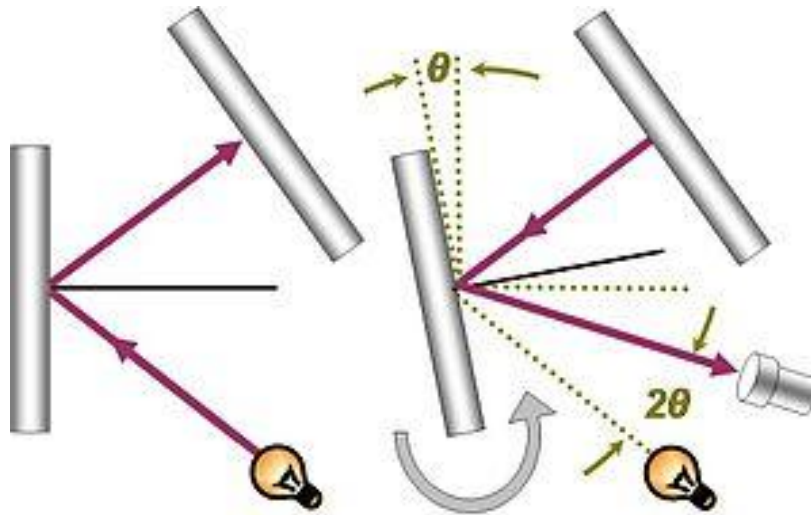


- Svazek ze zdroje se rozdělí na dva. Na cestě jsou dvě trubice s tekoucí vodou
- Jeden z paprsků celou dobu prochází proti směru proudění, jeden po směru.
- Rychlost světla v látce je c/n , kde n je index lomu
- Dokázal Fresnelův předpoklad částečného strhávání světla médiem: $v(\text{světlo}) = (c/n) + v_{\text{med}}(1-1/n^2)$
- Je-li $n=1$ (vakuum), rychlost se nezmění
- Vede to k invarianci c světla v různých vztažných soustavách. Důkaz správnosti speciální teorie relativity.



FOUCAULTOVA METODA Z ROKU 1875

- Leon Foucault použil odraz světla od rotujícího zrcátka k pevnému zrcátku vzdálenému 20 mil, od kterého se světlo odrazí zpět k rotujícímu zrcátku, které se mezitím posunulo o nějaký úhel.
- Od rotujícího zrcátka se světlo odrazí na detektor



$$t = \frac{2h}{c} = \theta/\omega$$

t je doba mezi 1. a 2. odrazem paprsku na rotujícím zrcátku. h je vzdálenost zrcátek. θ je úhel odrazu, ω je úhlová rychlost otáčení zrcátka.

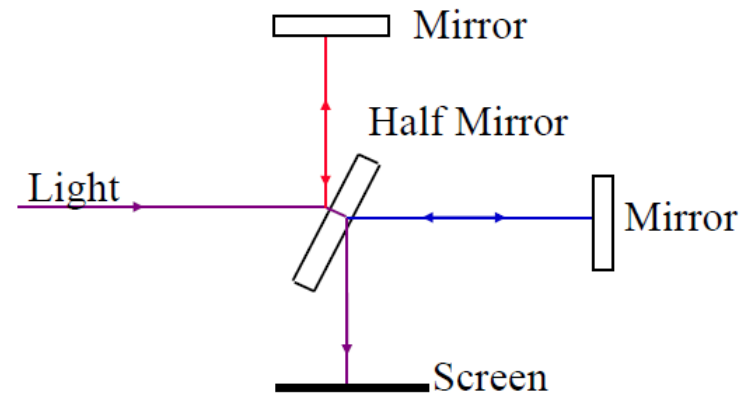
$$c = 2\omega h/\theta$$



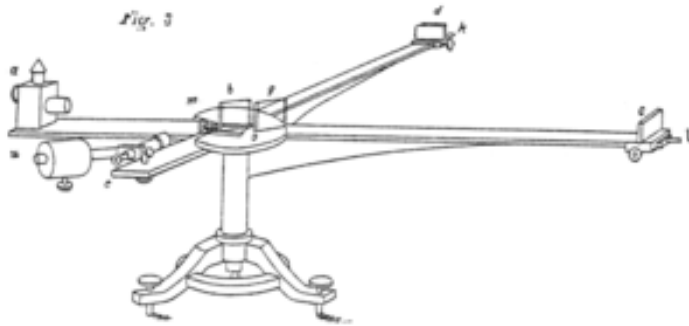
MICHELSONŮV INTERFEROMETER

- Monochromatické světlo se rozdělí na dva svazky a postupuje po dvou různých drahách na detektor kde dochází k interferenci obou vln.

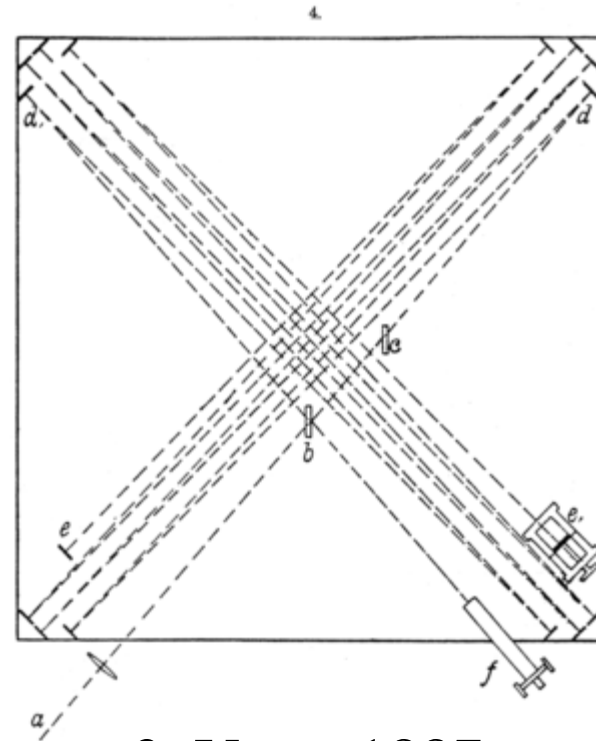
- Je-li jedna z drah o celočíselný násobek vlnových délek delší než druhá, dojde ke konstruktivní interferenci a na detektoru pozorujeme maximum intenzity. Je-li rozdíl drah roven lichému násobku půlvln, dojde k destruktivní interferenci a na detektoru pozorujeme minimum intenzity.



MICHELSONŮV INTERFEROMETER



1. Verze 1881



2. Verze 1887

Délka dráhy v rameni 11m



